

Model Hujan Nonstasioner Dengan Variasi Waktu Dan Tempat

Made Sutha Yadnya
Hani'ah Mahmudah

Abstract: In this paper the research about the making of nonstationary model mathematically of the channel communication influenced by rain condition is explained. The parameter of the model include the fading caused by polarization change of 30 GHz millimeter-wave from LMDS (Local Multipoint Distribution Service). For supporting the parameters value there are three raingauges used in measuring the rainfall each in four measurement points at the campus area of ITS (Institut Teknologi Surabaya).

Key Words : Variasi Tempat, Variasi Waktu, LMDS

Komunikasi tanpa kabel (wireless) mengalami perkembangan teknologi sangat pesat, hal ini ditandai dengan pemakaian gelombang (frekuensi) semakin diatur oleh Pemerintah (Menkopinfo). Untuk frekuensi tinggi sampai orde GHz, gelombang ini dapat mengirimkan data informasi dengan kecepatan tinggi, layanan mencakup audio, video, serta multimedia lainnya, namun menggunakan komunikasi dengan frekuensi ini sangat rentan terhadap gangguan (noise) karena panjang gelombang sangat pendek. Noise komunikasi wireless disebabkan oleh beberapa hal seperti : peralatan panas (noise thermal), kanal (jalur transmisi), dan lain-lain. Penelitian ini dikhususkan pada propagasi gelombang dengan memakai transmisi orde GigaHertz (30 GHz) merupakan aplikasi dari LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*).

Komunikasi wireless dibentuk kanal-kanal dalam penyampaian informasi, kanal ini dinamai

kanal propagasi . Metode stokastik tersebut terlebih dahulu kondisi hujan dalam sistem komunikasi dimodelkan dengan kondisi kanal yang mendapatkan fading. Fading umumnya terjadi karena gelombang terhambur (scattering), atau banyaknya lintasan pantul karena objek yang terjadi dikenal juga sebagai multipath fading. Pendekatan fading untuk hujan menggunakan ITU-R P.530-1, dan untuk perhitungan teresterial biasanya menggunakan model Crane dengan 3 versinya yaitu : Global Crane, Two-component Crane, serta Revised two-component Crane, (Crane, 2003). Sedangkan untuk redaman hujan dari iklim tropis dipakai Rec.ITU-R Rep.563-4, dan untuk model dan karakteristik hujan Rec.ITU-R 838-4. (Recommendation ITU-R, 2005)

Model stokastik dari curah hujan pada lintasan radio gelombang milimeter. Model ini mengasumsikan distribusi lognormal bagi curah hujan dengan parameter-parameter statistik dan

Made Sutha Yadnya (msyadnya@unram.ac.id), adalah dosen di Universitas Mataram (Unram) Nusa Tenggara Barat.

Hani'ah Mahmudah (haniah@eepis-its.edu) adalah dosen di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

fungsi autokovarians yang diketahui. Model ini dapat digunakan untuk membangkitkan barisan berharga riil yang menunjukkan sifat stokastik jangka pendek dari curah hujan pada lintasan radio yang pendek. Koefisien-koefisien AR dan ARMA yang diperlukan dapat diturunkan dari rata-rata, simpangan baku, dan fungsi autokovarians dari nilai logaritmik curah hujan. Dua parameter yang disebut pertama diperoleh dari pengukuran di lapangan.

Hujan terjadi dalam kurun waktu tertentu mengakibatkan hujan dimasukkan dalam domain waktu. Dari domain waktu cara untuk meneliti hujan supaya tidak terpengaruh oleh waktu dalam proses random maka hujan diposesikan sebagai persamaan linier dan tidak tergantung oleh waktu atau dikenal sebagai *linearity and shift-invariance*. Untuk memodelkan hujan khususnya curah hujan dalam domain waktu, diperlukan masukan dan keluaran (sistem) sebagai deret waktu dikenal dengan *time series*. Deret waktu yang dipergunakan sesuai dengan syarat bahwa sistem sangat penting untuk aplikasi *real-time (causality)*, dalam beberapa aplikasi sistem yang mempunyai tanggapan respon yang stabil (*stability*), serta sistem penting untuk aplikasi dari sebuah persamaan kanal/ saluran(*channel*) dan dapat di *deconvolusi* disebut *invertibility*.

Cost 280 merupakan tempat kerjanya para ahli dibidang telekomunikasi khususnya propagasi mempunyai proyek yang disebut: "*Propagation Impairment Mitigation for Millimetre Wave Radio Systems*". Cost 280 memberikan acuan untuk meneliti dan mengembangkan model kanal curah hujan. Model kanal yang dikembangkan adalah : sesuai dengan persamaan gauss, rayleigh, rice, ARMA schemes, Markov chains atau persamaan yang sejenis

Model AR

Pemodelan stokastik diasumsikan curah hujan r (mm/hr) adalah wide sense stationary dan berdistribusi lognormal, maka ini juga menyatakan bahwa redaman spesifik hujan γ (dB/km) sepanjang lintasan radio (link) juga berdistribusi lognormal dan stasioner[2]. Sehingga $\eta = \ln \alpha$ (merupakan logaritma natural dari redaman hujan) akan berdistribusi normal dengan parameter yang diambil dari pengukuran lapangan. Parameter tersebut adalah median dari

redaman hujan α_m (ekivalen dengan μ_η dari η) dan standar deviasi σ_η dari η .

Asumsi selanjutnya adalah fungsi otokorelasi dari redaman hujan diketahui atau pengukuran langsung dari data yang dihasilkan. Untuk fungsi otokorelasi ternormalisasi $\phi_r(\tau)$ dari curah hujan r yang berdistribusi lognormal, di mana τ adalah waktu tunda, maka fungsi autokovarian $\phi_\eta(\tau)$ dapat diperoleh. Prosedur pembangkitan curah hujan mirip dengan pembangkitan Rayleigh fading. Suatu deret berdistribusi normal dengan mean nol dan $\eta_0(k) = \eta_0(k\tau)$ di mana k adalah integer dan τ adalah waktu sampling dapat dibangkitkan secara *recursive* dengan:

$$\eta_0(k) = - \sum_{n=1}^M a(n) \eta_0(k-n) + c g(k) \quad (1)$$

dimana $a(n)$ adalah koefisien AR, $n = 1, \dots, M$, M adalah jumlah orde dari proses yang tergantung dari tunda maksimum, $g(k)$ merupakan bilangan deret acak Gaussian mean 0 dan varian 1 yang dibangkitkan dengan komputer, c adalah faktor yang mendonasikan standar deviasi dari deret noise $cg(k)$. Dengan didapatkannya deret $\eta_0(k)$ maka deret $r(k)$ diperoleh dengan persamaan :

$$r(k) = \exp(\eta_0(k) + \mu_\eta) \quad (2)$$

Setelah didapatkan nilai autokorelasi hasil dari pengukuran curah hujan di Surabaya maka fungsi autokorelasi tersebut akan digunakan untuk mencari koefisien AR dengan penurunan persamaan Yule-Walker :

$$\mathbf{a} = -\Phi^{-1} \boldsymbol{\phi} \quad (3)$$

dimana

$$\mathbf{a} = [a_1, a_2, \dots, a_M]^T$$

$$\boldsymbol{\phi} = [\phi_\eta(1), \phi_\eta(1), \dots, \phi_\eta(M)]^T$$

$$\Phi = \sigma_\eta^2 \begin{bmatrix} \phi_\eta(0) & \phi_\eta(1) & \dots & \phi_\eta(M-1) \\ \phi_\eta(1) & \phi_\eta(0) & \dots & \phi_\eta(M-2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \phi_\eta(M-1) & \phi_\eta(M-2) & \dots & \phi_\eta(0) \end{bmatrix} \quad (4)$$

dengan σ_η = standard deviasi curah hujan hasil pengukuran.

faktor c didapatkan dengan :

$$c = \sqrt{\sum_{n=1}^M a(n)\phi_{\eta}(n)} \quad \text{di mana: } a_0 = 1 \quad (5)$$

Dengan pendekatan probabilitas dari η pada teori distribusi normal, μ_{η} dan σ_{η} akan didapatkan. Maka nilai mean μ_x dan varians σ_x^2 didapatkan dengan persamaan :

$$\sigma_r^2 = \exp(2\mu_{\eta} + \sigma_{\eta}^2)[\exp(\sigma_{\eta}^2)-1] \quad (6)$$

$$\mu_r = \exp(\mu_{\eta} + \sigma_{\eta}^2 / 2) \quad (7)$$

jika fungsi otokorelasi $\rho_r'(n)$ curah hujan diketahui maka autokovarian ternormalisasinya adalah:

$$\phi_r'(n) = \frac{(\sigma_r^2 + \mu_r^2)\rho_r'(n) - \mu_r^2}{\sigma_r^2} \quad (8)$$

dan fungsi autokovarian $\phi_{\eta}(n)$ yang digunakan pada persamaan :

$$\phi_{\eta}(n) = \ln \left[1 + \phi_{xT}(n) \left(\exp(\sigma_{\eta}^2) - 1 \right) \right] \quad (9)$$

Model ARMA

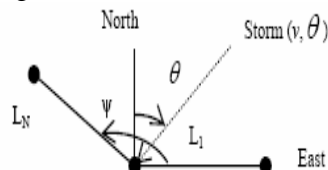
Pembangkitan curah hujan dengan model ARMA ini ditunjukkan dengan persamaan (10):

$$y(n) = -\sum_{i=1}^p a(i)y(n-i) + \sum_{j=0}^q b(j)v(n-j) \quad (10)$$

dimana p adalah orde dari proses AR, q adalah orde dari proses MA, a adalah koefisien AR, b adalah koefisien MA, v adalah bilangan acak gaussian mean 0 dan varian 1 yang dibangkitkan dengan komputer.

Model Synthetic Storm Technique (SST).

Model SST merupakan model yang memperhitungkan dari datangnya angin bertiup dari sudut kedatangan serta hubungan jalur yang dipergunakan. Adapun sebagai ilustrasi dari kedatangan angin dan jatuhnya hujan dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1. Model Synthetic Storm Technique (SST).

Dari Gambar 1. L_N merupakan panjang lintasan dan N -th adalah utara titik acuan, perbedaan sudut dengan titik acuan dipergunakan : ψ dan titik acuan yang lain adalah timur (East). Rekomendasi dari ITU-R 838 menetapkan nilai dari koefisien redaman a dan b dipergunakan dalam penentuan nilai redaman pada 30 Ghz dan untuk kecepatan sudut datang dari hujan dapat dipergunakan persamaan (11):

$$v_r = \left| \frac{v}{\cos(\psi - (90^\circ - \theta))} \right| \quad (11)$$

Besar serta kecepatan dari arah angin sangat berhubungan dengan kedatangan dari angin tersebut dengan nilai masukan dari selisih dari kedatangan dan nilai masukan angle θ angin, begitu juga untuk nilai yang lainnya yang diperlukan adalah acuan kecepatan (v) dari mana datangnya angin. Untuk redaman yang dan redaman spesifik bervariasi dari satu lokasi yang mempunyai bentuk cell yang lainnya.

Pengukuran curah hujan dihasilkan intensitas curah hujan dipergunakan sebagai parameter dalam perhitungan redaman yang dihasilkan dari curah hujan tersebut menggunakan persamaan 12 dengan satuan (dB/km). Sinyal yang diterima dapat melemahkan atau menguatkan sesuai dengan pergerakan penerima yang berkorelasi dengan langsung dengan sinyal yang lintasan yang naik dan turun disebabkan ada lintasan langsung dan lintasan pantul.

$$A(n) = \sum_{m=0}^{N-1} aR_{(n-m)}^b \Delta L_m \quad (12)$$

KLASIFIKASI HUJAN

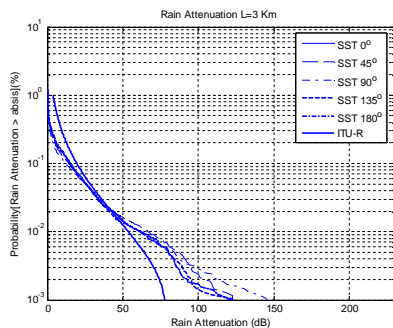
Dalam penelitian ini curah hujan dibagi dalam 2 kelompok, yaitu hujan stratiform dan convective. Karakteristik hujan stratiform yaitu curah hujannya kurang dari 25 mm/h, durasinya lebih dari satu jam dan cakupan lokasinya luas. Sedangkan karakteristik hujan convective memiliki curah hujan yang tinggi diatas 25 mm/h, durasinya singkat (beberapa menit) biasanya disertai badai, dan cakupan lokasinya tertentu [5]. Hasil pengukuran curah hujan dapat terlihat pada Gambar 1. Gambar tersebut menjelaskan bahwa kecepatan curah hujan dipengaruhi oleh besarnya titik hujan yang jatuh metode yang dipakai adalah Gain-Kyser.

Prosentasenya diberikan dalam suatu kurun waktu tertentu (biasanya dalam 1 tahun). Jadi jika dikatakan prosentase waktu 0.01% ($R_{0.01}$), ini

berarti besarnya curah hujan rata-rata yang melebihi curah hujan pada pengukuran dalam kurun waktu 0.01 % dalam setahun (52.56 menit).

Pengukuran curah hujan dengan menggunakan disdrometer, kemudian memodelkan curah hujan dengan model AR dan ARMA, lalu dibandingkan nilai Standard Deviasi dan Autokorelasinya. Pengukuran curah hujan dilakukan didalam lingkungan kampus ITS Surabaya menggunakan disdrometer yang diletakkan diatas atap gedung Teknik Mesin dan analisa data dilakukan di Laboratorium Perambatan Gelombang Elektromagnetik dan Radiasi, Jurusan Teknik Elektro.

Disdrometer disetting menggunakan software Hydras yang hanya bisa mendeteksi curah hujan (mm/h) dengan waktu sampling 60 detik dan software Asdo yang bisa mendeteksi curah hujan (mm/h) dan distribusi titik hujan (DSD) dengan waktu sampling 10 detik.



Gambar 1.Nilai *CCDF* pada posisi 3 km

Tabel 1 Jumlah sample yang dipakai dalam pembangkitan.

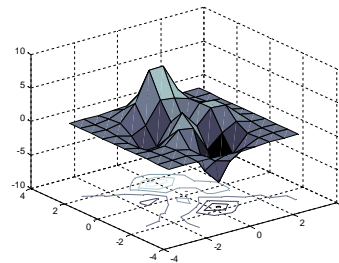
Location	Number of rain attenuation		
	1 km	2 km	3 km
Link 0 ⁰	5654	6049	6434
Link 45 ⁰	5502	5773	6043
Link 90 ⁰	5283	5390	5495
Link 135 ⁰	5553	5884	6212
Link 180 ⁰	5654	6049	6434

Disdrometer optic bekerja berdasarkan system laser optic. Pengukuran dapat dilakukan secara real time, jika ada partikel-partikel hujan yang melewati balok laser maka disdrometer dapat mendeteksi curah hujan (mm/h) dan distribusi

titik hujan (DSD) dapat dalam pengukuran ini menggunakan parameter kecepatan dan diameter yang dilewati oleh laser. Parameter yang dapat diukur sampai 28 parameter ukur.

HASIL SIMULASI

Hasil simulasi pada Gambar 1 data hasil pengukuran yang diplot sesuai dengan jumlah sampel pengukuran menggunakan Parsivel pembangkitan jumlah sample menggunakan Tabel 1, untuk Gambar 2 aliran data dari alat pengukur sampai data yang dapat diolah dengan Matlab, Gambar 3 data yang diukur dengan menggunakan rain gauge dari 3 tempat yang berbeda, Gambar 4 ini menunjukkan bahwa curah hujan terjadi lama yaitu 10 detik untuk satu sampel,



Gambar 2. Pembangkitan Model AR, MA, ARMA dari sinyal spektrum sinyal.

Data dari hasil pengukuran di log-natural hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4. yang merupakan variasi waktu dan tempat, Gambar 5 simulasi untuk pembangkitan AR, gambar 6 simulasi untuk pembangkitan MA dan Gambar 7 untuk pembangkitan ARMA. Hasil simulasi ini dapat dipergunakan untuk perhitungan power link budget sistem LMDS serta menggunakan teknik diversity untuk mitigasinya.

DISKUSI

Hujan merupakan pengganggu transmisi sinyal karena mendapatkan pelemahan, ini merupakan suatu permasalahan di bidang telekomunikasi khusus teknologi wireless. Kondisi kanal juga berbeda tiap-tiap pengiriman frekuensi yang dipakai. Untuk frekuensi 30GHz mempunyai kelemahan gelombang sangat pendek orde milimeter untuk mendapatkan performa baik (diinginkan) perlu mendisain anti fading. Pendisainan dari komunikasi wireless diperlukan metode tepat untuk mitigasi agar komunikasi dapat terlaksana walaupun dengan kondisi hujan. Pengolahan data statistik dari makalah ini dapat sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya.

KESIMPULAN

Pengaruh Agin pada kondisi hujan merupakan hal yang harus di perhatikan karena hujan yang modelnya stasioner berubah menjadi nonstasioner sesuai dengan time series. Hasil distribusi pengukuran curah hujan dipergunakan sebagai validasi model pembangkitan distribusi lognormal. Pembangkitan distribusi lognormal dipergunakan parameter statistik log-natural dari data hasil pengukuran curah hujan, parameter tersebut adalah rata-rata dan varian tiap even.

Pembangkitan dengan distribusi dilakukan karena dari hasil pengukuran yang sudah dilakukan dalam bentuk data random diskrit. Hujan karena kondisinya terus berlangsung maka distribusi menjadi kontinyu pada setiap eventnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Rec.ITU.838-4,2003,"*Characteristics Rain of Precipitation for Modeling*".
- Salehudin.M, B.Hanantasena, L J.M Wijdemans 1999, " *Ka-Band Line of Sight Radio Propagation Experiment in Surabaya Indonesia* ", *Fifth Ka-Band Utilization Conference*.
- Hendrantoro.G ,2004, " *An Autoregressive Model for Simulation of Time-Varying Rain Rate*", ANTEM 2004
- Burgueno, E. Vilar, M. Puigserver 1990,"*Spectral Analysis of 49 Years of Rainfall Rate and Relation to Fade Dynamics*", IEEE TRANSACTION ON COMMUNICATION Vol.38 no.9 pp(1359-1366)
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Muriani, Hendrantoro.G ,Wijayanti.A ,Mahmudah. H, "*Simulation of Rain Rate and Attenuation in Indonesia for Evaluation of Millimeter-wave Wireless System Transmission*", ICSIIT 26 Juli 2007,pp376-381
- Morita.K & Higuti , 1976, " Prediction Method of Rain Attenuation Distribution of micro-millimeter waves ", Rev Electr.communication Lab vol 24, no 7-8, pp 651-688.
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008a) "*Simulation of Rain Rates for Wireless ChannelCommunication in Surabaya* ", Kumamoto ICAST 14 Maret 2008, pp 139-140.
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008b) "Pemodelan ARMA untuk Curah Hujan di Surabaya", SITIA 8 May 2008 Surabaya, ISBN 978-979-8897-24-5, pp 61-67
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008c) "*Statistical of Rain Rate for Wireless Channel Communication in Surabaya*",WOCN 5-7 May 2008 Surabaya-Indonesia, IEEE, ISSN 978-1-4244-1980-7-08.
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008d) "*Akaike Information Criteria Application to Stationary and Nonstationary Rainfalls for Wireless Communication Channel in Surabaya*", ICTS 5 August 2008 Surabaya-Indonesia, ISSN 1858-1633 , pp 292-299.
- Yadnya, M.S, Mauludiyanto .A, Hendrantoro.G (2008e)" ARMA Modeling from Rain Rate Measurement to Simulation Communication Channel Model for Millimeter Wave in Surabaya", Kumamoto Forum 2008, pp 12-13.
- Yadnya, M.S, Astuti K.R, Hendrantoro.G (2008f), "Pembangkitan Curah Hujan dengan Model MA (Moving Average) dari Hasil Pengukuran di Surabaya", SNAST 2008, 13 Desember 2008 Jogyaarta-Indonesia ISSN 1979-911x, pp 202-210.
- Toshio Ihara, Yoji Furuuma and Takeshi Manabe, "Modification of Morita and Higuti's Predictions Methode of Lognormal Rain Attenuation Distribution by Using spatial Correlation of Specific Attenuation", The Transactions of the IECE of Japan ,Vol E.69 no. 2